

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 27 096 A 1

21 Aktenzeichen: P 42 27 096.0  
22 Anmeldetag: 17. 8. 92  
43 Offenlegungstag: 24. 2. 94

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 01 L 27/146  
H 01 L 31/0296  
H 04 N 5/32

DE 42 27 096 A 1 1017 U. S. TO  
10/081895  
02/21/02

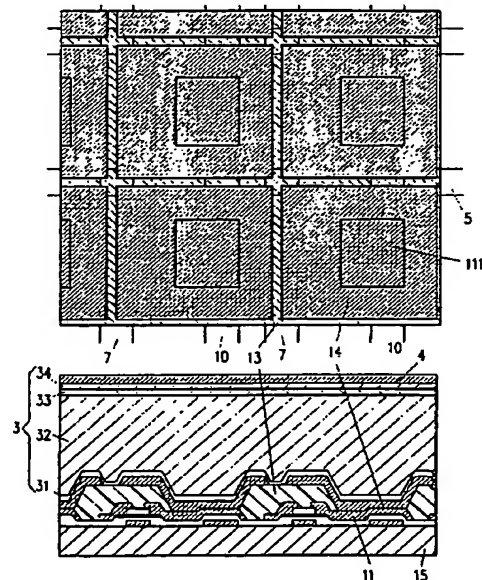
71 Anmelder:  
Philips Patentverwaltung GmbH, 20097 Hamburg, DE

72 Erfinder:  
Schiebel, Ulrich, Dr., 5100 Aachen, DE; Wieczorek,  
Herfried, Dr., 5100 Aachen, DE; Brauers, Andreas,  
Dr., 5100 Aachen, DE

BEST AVAILABLE COPY

64 Röntgenbilddetektor

- 57 Die Erfindung betrifft einen Röntgenbilddetektor mit einer Vielzahl von für Röntgenstrahlung empfindlichen Sensoren mit folgenden Merkmalen:
- Jeder Sensor enthält eine Sammelelektrode und ein Schaltelement, das die Sammelelektrode mit einer Ausgangsleitung verbindet;
  - zwischen den einzelnen Sammelelektroden und einer Vorspannungselektrode befindet sich eine Photoleerschicht;
  - die Sammelelektroden bilden zusammen mit Bezugselektroden Kapazitäten, die durch im Photoleiter erzeugte Ladungsträger aufladbar sind. Die Erfindung verbessert die Effektivität eines solchen Röntgenbilddetektors dadurch, daß entweder die Oberfläche der Sammelelektroden vergrößert wird oder durch eine halbleitende Schicht das elektrische Feld so verformt wird, daß der überwiegende Teil der im Photoleiter erzeugten Ladungsträger zu den Sammelelektroden fließt.



DE 42 27 096 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 308 088/65

13/46

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Röntgenbilddetektor mit einer Vielzahl von für Röntgenstrahlung empfindlichen Sensoren mit folgenden Merkmalen:

- Jeder Sensor enthält eine Sammelelektrode und ein Schaltelement, das die Sammelelektrode mit einer Ausgangsleitung verbindet;
- zwischen den einzelnen Sammelelektroden und einer Vorspannungselektrode befindet sich eine Photoleiterschicht;
- die Sammelelektroden bilden zusammen mit Bezugselektroden Kapazitäten, die durch im Photoleiter erzeugte Ladungsträger aufladbar sind.

Mit derartigen Röntgenbilddetektoren sollen u. a. Durchleuchtungen durchgeführt werden, bei denen Röntgenaufnahmen in dichter zeitlicher Folge, z. B. 60 Bilder/sec. anfallen. Ein solcher Röntgenbilddetektor, der aus der EP-OS 444 720 (PHD 90-016 EP) bekannt ist, ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Für jeden Bildpunkt (Pixel) ist ein Sensor vorgesehen, der ein Schaltelement 1, eine Kapazität 2 sowie einen Photosensor umfaßt. Die typischerweise  $2000 \times 2000$  Schaltelemente werden auf einem gemeinsamen dielektrischen Substrat (Glas) in Dünnschichttechnik realisiert (beispielsweise in Form von Dünnschicht-Feldeffekttransistoren 1, wie in Fig. 1 angedeutet). Die Photosensoren werden durch eine durchgehende, das ganze Bildfeld bedeckende Photoleiterschicht 3, eine Vorspannungselektrode 4, die auf die Photoleiterschicht aufgebracht ist und für jedes Bildelement eine gesonderte, auf der anderen Seite der Photoleiterschicht befindliche Sammelelektrode 11 gebildet. Wenn im Betriebszustand der Bilddetektor von Röntgenstrahlung getroffen wird, werden in der Photoleiterschicht 3 Ladungsträger erzeugt, die unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes, das mittels einer an die Vorspannungselektrode 4 angeschlossenen Vorspannungsquelle 40 erzeugt wird, durch den Photoleiter zu den Sammelelektroden 11 fließen. Dadurch werden die mit den Sammelelektroden 11 verbundenen Kapazitäten 2 aufgeladen, deren andere Elektrode an eine Elektrode 10 auf Bezugspotential angeschlossen ist.

Die Sensoren sind nach Art einer Matrix zeilen- und spaltenweise angeordnet, wobei der Abstand der Zeilen und der Spalten voneinander gleich ist. Dieser Abstand bestimmt das räumliche Auflösungsvermögen. Zum Auslesen werden mittels einer Ansteuerschaltung 6 die Gate-Elektroden der Schaltelemente bildenden Dünnschicht-Feldeffekttransistoren zeilenweise durchgeschaltet. Zu diesem Zweck sind die Gate-Elektroden aller Schaltelemente einer Zeile jeweils mit einer gemeinsamen Schaltelement 5 verbunden. Die Source-Elektroden der Dünnschicht-Feldeffekttransistoren sind jeweils mit der ihnen zugeordneten Kapazität verbunden, während ihre Drain-Elektroden spaltenweise an einer gemeinsamen Ausgangsleitung 7 angeschlossen sind.

In den Fig. 2a und 2b ist eine Draufsicht bzw. ein Querschnitt von einem Teil des Bilddetektors dargestellt, wobei die Photoleiterschicht 3 und die Vorspannungselektrode 4 weggelassen sind. Die Darstellung ist stark vereinfacht, zeigt aber die wesentlichen Elemente. Auf ein Substrat 15 sind die Masseleitung 10 sowie die Schaltelemente 5 aufgebracht. Die Schaltelemente 5 sind mit senkrechten Abgriffen 17 versehen, die die Gate-Elektroden der Dünnschicht-Feldeffekttransistoren bilden. Oberhalb der Gate-Elektrode 17 befindet sich eine

Mehrschichtstruktur 12 aus Halbleiter- und Isolierschichten, die zusammen mit den Elektroden 7 (Drain) und 11 (Source) einen Dünnschicht-Feldeffekttransistor bildet. Die Elektrode 11 hat somit die Funktion der Sammel- und der Source-Elektrode, und außerdem bildet sie zusammen mit einer von ihr überdeckten Masseleitung 10 und einem dazwischenliegenden Dielektrikum die Speicherkapazität 2.

Bei der in Dünnschichttechnik realisierten Anordnung nach Fig. 2 sind die Schichten zwischen den Elektroden sehr dünn (in der Größenordnung von  $0,2 - 1 \mu\text{m}$ ). Deshalb ist es wichtig, daß die Sammelelektroden 11 die Schaltelemente 5, insbesondere aber die Ausgangsleitungen 7 nicht überdecken, weil sich dadurch große parasitäre Kapazitäten zwischen der Sammelelektrode 11 und den betreffenden Elektroden bilden würden. Dies würde im Falle der Ausgangsleitungen 7 zu einer kapazitiven Signalauskopplung und damit zu einer Verkleinerung des auslesbaren Signals führen sowie zu erhöhtem Rauschen der an die Ausgangsleitungen 7 angeschlossenen Ausgangsverstärker 8, da diese eine größere Eingangskapazität "sehen". Die Sammelelektroden 11 einerseits und die Leitungen 5, 7 andererseits müssen also nebeneinander angeordnet sein, d. h. die Sammelelektroden dürfen sich in der Draufsicht gem. Fig. 2a nicht mit den Leitungen 5 und 7 überlappen. Sie müssen sich also auf die zwischen zwei benachbarten Schaltelementen 5 bzw. zwei benachbarten Ausgangsleitungen 7 verbleibende Fläche beschränken.

Da alle Leitungen 5, 7 und 10 eine Breite zwischen 10 und  $25 \mu\text{m}$  aufweisen müssen, um eine genügend hohe Leitfähigkeit zu erreichen, bedeutet dies, daß der Anteil der Sammelelektroden an der Gesamtfläche eines Röntgenbilddetektors umso kleiner ist, je kleiner die Bildpunkte (Pixel) bzw. ihr Abstand voneinander ist, d. h., je größer das Auflösungsvermögen ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Röntgenbilddetektor zu schaffen, der auch bei hohem räumlichen Auflösungsvermögen eine gute Empfindlichkeit bei gleichzeitig möglichst kapazitätsarmem Aufbau aufweist.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem Röntgenbilddetektor der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Sammelelektroden je zwei in elektrischen Kontakt miteinander befindliche Elektroden umfassen, daß der erste Elektrodenanteil jeweils in einem Bereich neben der Ausgangsleitung angeordnet ist, daß der zweite Elektrodenanteil eine größere Fläche hat als der erste Elektrodenanteil und sich zwischen diesem und der Vorspannungselektrode befindet, und daß sich zwischen dem zweiten Elektrodenanteil und der Ausgangsleitung eine Isolierschicht befindet.

Durch die Verwendung einer aus zwei Elektrodenanteilen bestehenden Sammelelektrode teilen sich auch deren Funktionen auf: Der erste Elektrodenanteil bildet zusammen mit einer der Bezugs- bzw. Masseelektroden 10 eine Kapazität und stellt gleichzeitig eine Elektrode des Schaltelements dar, während der zweite Elektrodenanteil die in der Photoleiterschicht erzeugten Ladungsträger sammelt. Für diesen zweiten Elektrodenanteil gelten die Beschränkungen nicht, denen der erste Elektrodenanteil unterliegt, d. h. der zweite Elektrodenanteil kann die Leitungen, insbesondere die Ausgangsleitungen, wenigstens teilweise überdecken, so daß sich eine vergleichsweise große Empfindlichkeit ergibt. Die zwischen diesem zweiten Elektrodenanteil und den Leitungen resultierenden parasitären Kapazitäten lassen sich dadurch klein halten, daß die Isolierschicht genügend dick ge-

macht wird.

An dieser Stelle sei auf die JP-OS 61-1177 bzw. auf die US-PS 4,471,371 verwiesen, sich auf einen Dünnschicht-Bilddetektor für sichtbares Licht beziehen. Bilddetektoren für sichtbares Licht unterscheiden sich von Röntgenbilddetektoren dadurch, daß sie anstelle einer relativ dicken Photoleiterschicht nur eine dünne Halbleiterschicht aufweisen, beispielsweise aus amorphem Silizium. Dadurch ergibt sich eine relativ große Kapazität, so daß eine gesonderte Kapazität — wie die Kapazität 2 — nicht erforderlich ist. Bei den bekannten Bilddetektoren befinden sich die Elektroden der Schaltelemente bzw. die Ausgangsleitung in einer Ebene, die von der Ebene, in der sich die Sammelelektroden befinden, durch eine in Dünnschichttechnik erzeugte Isolierschicht getrennt ist. Dadurch ergeben sich zwischen den Elektroden des Schaltelements und der Sammelelektrode sehr hohe parasitäre Kapazitäten, die bei einem Röntgenbilddetektor, der mit hoher Bildfrequenz auslesbar sein soll, nicht hingenommen werden können.

Eine zweite Lösung des der Erfindung zugrundeliegenden Problems ist ausgehend von einem Röntgenbilddetektor der eingangs genannten Art gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Die Sammelelektrode ist neben der Ausgangsleitung angeordnet;
- das Schaltelement und die Ausgangsleitung sind von einer Isolierschicht bedeckt;
- die Isolierschicht und die Sammelelektrode sind von einer halbleitenden Schicht bedeckt;
- die halbleitende Schicht ist so dotiert, daß sie für die in Richtung zur Sammelelektrode fließenden Ladungsträger eine im Vergleich zur Leitfähigkeit für Ladungsträger mit entgegengesetzter Polarität große Leitfähigkeit aufweist.

Bei dieser Lösung bilden sich oberhalb der durch die Isolierschicht passivierten Bereiche in der halbleitenden Schicht Raumladungen, die das elektrische Feld in der Photoleiterschicht so verformen, daß auch Ladungsträger, die nicht oberhalb der mit der halbleitenden Schicht in Kontakt stehenden Sammelelektroden erzeugt werden, diese erreichen können. Trotz vergleichsweise kleiner Flächen der Sammelelektroden ergibt auch diese Lösung eine gute Empfindlichkeit. In weiterer Ausgestaltung dieser Lösung ist vorgesehen, daß sich zwischen der halbleitenden Schicht und den Sammelelektroden eine zusätzliche halbleitende Schicht befindet, die sowohl für positive als auch für negative Ladungsträger eine geringe Leitfähigkeit aufweist. Diese zusätzliche halbleitende Schicht dient zum Aufbau einer Raumladung im Bereich neben den Sammelelektroden. Die Raumladung verzerrt das elektrische Feld derart, daß die signalgebenden Ladungsträger in der darüber liegenden halbleitenden Schicht, die für diese eine gute Leitfähigkeit hat, zur Sammelelektrode transportiert werden — und zwar auch dann, wenn sie nicht im Bereich oberhalb der Sammelelektrode erzeugt wurden.

Eine für beide Lösungen geeignete Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß beiderseits der Photoleiterschichten mit einer im Vergleich zum Photoleiter geringen Dicke vorgesehen sind, die so dotiert sind, daß sie für die Ladungsträger, die aus dem Photoleiter auf die ihnen benachbarten Elektroden zufließen, eine im Vergleich zur Leitfähigkeit für Ladungsträger mit der entgegengesetzten Polarität große Leitfähigkeit aufweisen. Die beiden Schichten beiderseits der Photo-

leiterschicht blockieren von den Sammelelektroden oder von der Vorspannungselektrode injizierte Ladungsträger, wodurch die Dunkelentladungsraten verringert werden. In weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, daß zwischen der Vorspannungselektrode und der ihr benachbarten Schicht eine Schicht angebracht ist, die aus dem gleichen Material besteht wie die Photoleiterschicht, aber wesentlich dünner ist als diese. Dadurch werden die Dunkelentladungsraten noch einmal entscheidend verringert.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Schaltschema des erfindungsgemäßen, bzw. des bekannten Röntgenbilddetektors.

Fig. 2 eine Dünnschichtstruktur eines solchen Detektors in der Draufsicht (Fig. 2a) und im Querschnitt (Fig. 2b).

Fig. 3 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Detektors in der Draufsicht (Fig. 3a) und im Querschnitt (Fig. 3b).

Fig. 4 eine verbesserte Ausführungsform eines solchen Detektors im Querschnitt.

Fig. 5 eine andere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Detektors in der Draufsicht (Fig. 5a) und im Querschnitt (Fig. 5b).

Fig. 6 die elektrischen Feldlinien bei der Anordnung nach Fig. 5b und

Fig. 7 eine verbesserte Ausführungsform im Querschnitt.

Fig. 8 eine verbesserte Ausführungsform im Querschnitt.

Bei der in Fig. 3 in der Draufsicht bzw. im Querschnitt dargestellten Ausführungsform eines Röntgenbilddetektors sind für gleiche Teile die gleichen Bezugszeichen verwendet wie in Fig. 2. Der in Fig. 3b dargestellte Querschnitt ist nicht maßstäblich und auch die Reaktionen zwischen den Dicken der einzelnen Schichten entsprechen nicht den tatsächlichen Verhältnissen, die sich aus der folgenden Beschreibung ergeben. Auf die in Fig. 2 dargestellte Dünnschichtstruktur wird zunächst eine isolierende Schicht 13 mit einer ebenen Abschlußfläche aufgebracht. In dieser Abschlußfläche werden oberhalb der Sammelelektroden 11 mit Hilfe von photolithographischen Verfahren Kontaktlöcher angebracht, die bis zu den Elektroden 11 reichen.

Danach wird eine metallische Schicht aufgebracht, beispielsweise durch Abscheiden aus der Dampfphase. Diese durchgehende Schicht aus vorzugsweise Aluminium wird dann durch ein photolithographisches Verfahren so strukturiert, daß für die einzelnen Bildpunkte möglichst großflächige Elektroden 14 entstehen, die für jeweils einen Bildpunkt zur Verfügung stehende Fläche möglichst vollständig bedecken und die durch die Kontaktlöcher hindurch mit den darunter befindlichen Elektroden 11 elektrischen Kontakt haben. Der Abstand zwischen den einander zugewandten Kanten benachbarter Sammelelektroden kann dabei zwischen 5 und 15 µm liegen, so daß das Verhältnis zwischen der Sammelelektrodenfläche und der für einen Bildpunkt zur Verfügung stehenden Fläche auch bei einer Bildpunktgröße von 100 µm noch bis zu 90% betragen kann. Die Elektroden 14 können somit einen wesentlich größeren Teil der im Photoleiter erzeugten Ladungsträger auffangen als die Elektroden 11, so daß sich eine verbesserte Empfindlichkeit ergibt.

Bei diesen Abmessungen der die Elektroden 11 allseits überdeckenden Elektroden 14, ist es unausbleiblich, daß sie auch die Ausleseleitungen und die Ansteu-

erleitungen — zumindest teilweise — überdecken, womit sich zusätzliche parasitäre Kapazitäten zwischen der Elektrode 11 sowie den Leitungen 7 und 5 ausbilden. Um diese parasitären Kapazitäten möglichst klein zu halten, muß die isolierende Schicht 13 eine Dicke von mindestens 3 µm, vorzugsweise 5 bis 10 µm aufweisen. Dabei wird von einer relativen Dielektrizitätskonstanten von 4 bis 5 ausgegangen, (bei einer höheren Dielektrizitätskonstanten muß die isolierende Schicht noch größer sein). Als geeignete Materialien kommen Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder Polyimid in Frage.

Um diese relativ großen Schichtdicken zu erreichen, wird die Isolierschicht bevorzugt in mehreren Einzelschichten von jeweils geringerer Dicke aufgebracht. Dies ist in Fig. 4 dargestellt, wobei die isolierende Schicht durch die Teilschichten 131 und 132 gebildet wird. Die zwecks Kontaktierung der Elektroden 11 und 14 vorgesehenen Kontaktlöcher haben dabei vorzugsweise eine nach oben hin zunehmende Größe, so daß sich Stufen ergeben, die eine gute Metallisierung durch die Schicht 14 gewährleisten. Dabei kann es von Vorteil sein, für die verschiedenen Teilschichten unterschiedliche Materialien zu verwenden (z. B. kann die Schicht 131 aus Siliziumoxid und die Schicht 132 aus Polyimid bestehen). Verwendet man dann bei dem zur Herstellung der Kontaktlöcher erforderlichen Ätzprozeß Ätzmittel, die jeweils nur eine der Teilschichten angreifen, dann ist es leicht möglich, für die einzelnen Schichten den Ätzprozeß in einer definierten Tiefe zu stoppen.

Auf die nach dem Aufbringen der Elektroden 14 entstandene Struktur wird dann die eigentliche Photoelektrode 3 aufgebracht. Die Photoelektrode 3 wird abschließend mit einer metallischen Deckelektrode 4 aus Gold oder Aluminium versehen. Dabei kann es sich als vorteilhaft erweisen, den Photoelektrode als Mehrschichtstruktur folgendermaßen aufzubauen:

Zunächst wird eine halbleitende Schicht 31 aufgebracht, die negative Ladungsträger praktisch nicht leitet, dafür positive Ladungsträger umso besser. Diese Schicht kann aus verschiedenen Materialien, wie z. B. HgI<sub>2</sub>, CdSe, CdTe, PbO oder Se bestehen, deren Leitfähigkeit durch bestimmte Zusätze in obigem Sinn eingestellt wird. Dies wird beispielsweise mit einer 1–5 µm dicken Selenerschicht erreicht, die mit 20 bis 200 ppm Cl dotiert ist. Darauf wird die eigentliche Photoelektrode 32 aus amorphen Selen mit einem Zusatz von 0,1 bis 1% Arsen abgeschieden. Diese Schicht muß zwischen 200 und 800 nm dick sein, um die Röntgenquanten, die sich bei einer medizinischen Untersuchung ergeben, ausreichend absorbieren zu können. Auf die Schicht 32 wird eine Halbleiterschicht 33 aufgebracht, die so dotiert ist, daß sie positive Ladungsträger, also Löcher (holes) nicht leitet, dafür umso besser die negativen Ladungsträger (Elektronen). Diese Schicht kann z. B. aus Selen bestehen, das mit 20 bis 200 ppm Alkalimetall (Li, Na, K, Cs) bestehen und eine Dicke zwischen 0,5 und 2 µm aufweisen.

Während des Betriebes des Bilddetektors wird eine positive Spannung zwischen 1 und 10 kV an die Vorspannungselektrode 4 angelegt. Die Halbleiterschichten 31 und 33 sollen dann die Ladungsträger blockieren, die evtl. von den Sammelelektroden 14 oder der Deckelektrode 4 injiziert werden, so daß die Dunkelstromdichten entscheidend reduziert werden. Erstaunlicherweise wird diese Funktion aber nur dann zufriedenstellend erfüllt, wenn zwischen der dotierten Schicht 33 und der Vorspannungselektrode 4 aus Gold oder Aluminium

noch eine dünne halbleitende Schicht, die für negative und positive Ladungsträger wenig leitend ist, z. B. eine Selenerschicht, die auf die gleiche Weise mit Arsen dotiert ist wie die eigentliche Photoelektrode 32. Damit können bei einer Dicke der Schicht 32 von 0,3 mm bis zu 5 kV an die Vorspannungselektrode angelegt werden, ohne daß es nennenswerte Dunkelströme (mit einer Dichte von mehr als 1 pA/cm<sup>2</sup>) gibt.

Das Auslesen eines Röntgenbildes mit einem derartigen Röntgenbilddetektor erfolgt in ähnlicher Weise wie in der EP-OS 444 720 beschrieben. Bevor die Röntgenstrahlung eingeschaltet wird, sind die Schaltelemente 1 geschlossen (leitend), so daß sich die Kapazitäten 2 nicht aufladen können. Die Röntgenbelichtung kann mit einer Bildfrequenz von z. B. 60 Bildern/sec erfolgen, wobei die Dosis für die Bilder zwischen 10 nGy und 50 mGy liegen soll.

Während der Röntgenbelichtung sind die Schalter 1 normalerweise geöffnet. Zum Auslesen des Röntgenbildes werden jeweils alle Schaltelemente einer einzigen Zeile gleichzeitig für eine kurze Zeit (10 bis 20 µs) geschlossen, indem an die zugehörige Schaltleitung 5 ein entsprechendes Potential angelegt wird. Während dieser Zeit fließen die aus den Kapazitäten 2 gesammelten Ladungen über die Ausgangsleitungen 7 auf die Eingänge der Verstärker 8. Die Verstärker sind als Stromintegratoren geschaltet, so daß ihr Ausgangssignal der gesamten vom Kondensator abgeflossenen Ladung entspricht. Dabei werden die Sammelelektroden 11, 14 virtuell auf Erdpotential gehalten. Die Ausgangssignale der Verstärker werden von einem Analogmultiplexer 9 übernommen, der aus den parallel anstehenden Signalen einen seriellen Signalstrom mit entsprechend höherer Bandbreite verformt. Der gesamte Vorgang wird danach für die nächste und sukzessive für alle übrigen Bildzeilen wiederholt.

Die Verstärker 8 können derzeit nicht mit der erforderlichen Empfindlichkeit und Rauscharmut in Dünnschichttechnik realisiert werden. Sie müssen sich daher außerhalb des Dünnschichtsubstrats befinden und in konventioneller integrierter Schaltungstechnik realisiert sein. Dabei können jeweils ca. 32 bis 256 Verstärker mit dem zugehörigen Analog-Multiplexer auf einem Chip integriert sein. Für die insgesamt 2000 Bildspalten würden danach also zwischen 8 und 64 derartiger Chips benötigt, deren Eingänge mit denen auf dem Dünnschichtsubstrat befindlichen Ausgangsleitungen zu verbinden wären. Die Ausgänge der Analog-Multiplexer werden mit Analog-Digital-Wandlern verbunden, wonach die digitalen Daten weiterverarbeitet werden.

In Fig. 5 ist eine zweite Ausführungsform eines Bilddetektors dargestellt, die sich einfacher herstellen läßt. Die Isolierschicht 13 ist dabei mit einer für Dünnschichttechnik üblichen Schichtdicke (zwischen 0,5 µm und maximal 2 µm) hergestellt, wobei oberhalb jeder der Sammelelektroden jeweils ein bis auf die Sammelelektrode 11 reichendes Kontaktloch vorgesehen ist.

Im folgenden wird am Beispiel des Photoelektrodes eine mögliche Realisierung erörtert. Analoge Strukturen sind auch in anderen Halbleitermaterialien wie z. B. HgI<sub>2</sub>, CdTe, CdSe oder PbO zu verwirklichen. Für den Fall, daß — entgegen diesem Beispiel — an die Vorspannungselektrode eine negative Spannung angelegt wird, so daß bei Röntgenbelichtung negative Ladungsträger (Elektronen) zur Sammelelektrode wandern, sind die Schichten mit guter Leitfähigkeit für positive Ladungsträger (Löcher) und schlechter Leitfähigkeit für Elektronen zu vertauschen und umgekehrt. Auf die isolierende

Schicht 13 wird eine halbleitende Schicht 35 aufgebracht, die die negativen Ladungsträger nicht leitet, aber eine gute Leitfähigkeit für positive Ladungsträger aufweist. In diesem Beispiel ist es eine Selenschicht, die — wie die Schicht 31 — mit 20 bis 200 ppm Cl dotiert ist, die aber dicker ist als die Schicht 31 der Fig. 3, z. B. 5 bis 40  $\mu\text{m}$ . Für die sich daran anschließenden Schichten 32, 33, 34 und 4 gilt, was in Verbindung mit Fig. 3 ausgeführt wurde.

Die Funktionsweise dieser Ausführungsform wird nachstehend anhand von Fig. 6 näher erläutert. Fig. 6 entspricht Fig. 5b, wobei jedoch die elektrischen Feldlinien bzw. die Bahnen der elektrischen Ladungsträger eingezeichnet sind.

Wird an die Vorspannungselektrode 4 eine positive Spannung von z. B. 3 kV angelegt und werden durch Röntgenbelichtung Ladungsträger in der Photoelektrode schicht 32, hier z. B. Selen mit 0,1 bis 1% Arsen dotiert, erzeugt, so bilden sich positive Raumladungen oberhalb der durch die isolierende Schicht 13 passivierten Bereiche. Dadurch wird das elektrische Feld verformt, wie in Fig. 6 angedeutet. Wegen der guten Leitfähigkeit von Schicht 35 für Löcher können nun selbst Ladungsträger, die nicht oberhalb der Sammelelektrode erzeugt wurden, in dieser Schicht mit hoher Geschwindigkeit zur Sammelelektrode gelangen. Evtl. von den Sammelelektroden 11 injizierte Elektronen werden in der Schicht 35 festgehalten; in diesem Punkt wirkt die Schicht analog zur Schicht 31 in Fig. 3 und 4.

Die gute Leitfähigkeit von Schicht 35 für positive Ladungsträger bewirkt allerdings gleichzeitig, daß die Raumladung in dieser Schicht leicht auseinanderfließen kann, wie es in Fig. 6 skizziert ist. Dadurch wird im Gleichgewichtszustand die gewünschte Feldverzerrung relativ gering sein. Zudem kann die Feldverzerrung bis in die eigentliche Photoelektrode schicht 32 hineinreichen. Diese hat für die positiven Ladungsträger jedoch eine geringe Leitfähigkeit, was den Transport zur Sammelelektrode hemmt.

Eine Weiterentwicklung dieses Detektors ist in Bild 7 dargestellt. Hier ist unter der für Löcher gut und für Elektronen schlecht leitenden Schicht eine weitere Halbleiterschicht 36 eingefügt, die für beide Polaritäten von Ladungsträgern in etwa gleichermaßen niedrige Leitfähigkeit aufweist.

Diese Schicht ist im Beispiel etwa 1–40  $\mu\text{m}$ , dick und besteht aus Selen, dotiert mit 0,1 bis 1% Arsen. Wegen ihrer geringeren Leitfähigkeit für positive Ladungsträger baut sich hier die Raumladung effizienter auf, da sie nicht parallel zum Substrat auseinander fließen kann. Somit wird die Feldverbiegung forciert und zu einem großen Teil in der für Löcher gut leitfähigen Schicht 35 lokalisiert sein. Der Transfer der Ladungsträger zur Sammelelektrode, der nun überwiegend in der für Löcher leitfähigen Schicht 35 stattfindet, ist damit derart ermöglicht, daß in kurzer Zeit ein maximales Signal erhalten wird. Auch hier werden von den Sammelelektroden injizierte Elektronen in der Schicht 35 festgehalten. Daß sie zuvor Schicht 36 durchlaufen haben, spielt für die Funktionalität des Detektors keine Rolle.

Die Raumladungen in der halbleitenden Schicht 35 oberhalb der Dünnfilmtransistoren können u. U. Einfluß auf die Funktion dieser Schaltelemente haben. Um diesen Einfluß auszuschalten, können die Sammelelektroden je einen zusätzlichen Elektroden teil 16 umfassen, der — wie in Fig. 8 dargestellt — oberhalb der Isolierschicht 13 den zugehörigen Dünnfilmtransistor überdeckt und der mit dem Elektroden teil 11 in elektrischem

Kontakt steht. Diese Elektroden teile werden durch Metallisierung der Oberfläche erzeugt, die nach dem Aufbringen der isolierenden Schicht und dem Anbringen der Kontaktlöcher aber vor dem Aufbringen der halbleitenden Schicht 35 entsteht.

#### Patentansprüche

1. Röntgenbilddetektor mit einer Vielzahl von für Röntgenstrahlung empfindlichen Sensoren mit folgenden Merkmalen:

- Jeder Sensor enthält eine Sammelelektrode (11) und ein Schaltelement (1), das die Sammelelektrode mit einer Ausgangsleitung (7) verbindet;
- zwischen den einzelnen Sammelelektroden (11) und einer Vorspannungselektrode (4) befindet sich eine Photoelektrode schicht (3);
- die Sammelelektroden bilden zusammen mit Bezugselektroden (10) Kapazitäten (2), die durch im Photoelektrode erzeugte Ladungsträger aufladbar sind;

dadurch gekennzeichnet, daß die Sammelelektroden je zwei in elektrischen Kontakt miteinander befindliche Elektroden teile (11, 14) umfassen, daß der erste Elektroden teil (11) jeweils in einem Bereich neben der zugehörigen Ausgangsleitung (7) angeordnet ist, daß der zweite Elektroden teil (14) eine größere Fläche hat als der erste Elektroden teil und sich zwischen diesem und der Vorspannungselektrode befindet, und daß sich zwischen dem zweiten Elektroden teil (14) und der Ausgangsleitung (7) eine Isolierschicht befindet.

2. Röntgenbilddetektor mit einer Vielzahl von für Röntgenstrahlung empfindlichen Sensoren mit folgenden Merkmalen:

- Jeder Sensor enthält eine Sammelelektrode (11) und ein Schaltelement (1), das die Sammelelektrode mit einer Ausgangsleitung (7) verbindet;
  - zwischen den einzelnen Sammelelektroden (11) und einer Vorspannungselektrode (4) befindet sich eine Photoelektrode schicht (3);
  - die Sammelelektroden bilden zusammen mit Bezugselektroden (10) Kapazitäten (2), die durch im Photoelektrode erzeugte Ladungsträger aufladbar sind,
- gekennzeichnet durch die weiteren Merkmale:
- Die Sammelelektrode (11) ist im Bereich neben der Ausgangsleitung (7) angeordnet;
  - das Schaltelement (1) und die Ausgangsleitung sind von einer Isolierschicht (13) bedeckt;
  - die Isolierschicht (13) und die Sammelelektrode (11) sind von einer halbleitenden Schicht (35) bedeckt;
  - die halbleitende Schicht (35) ist so dotiert, daß sie für die in Richtung zur Sammelelektrode fließenden Ladungsträger eine im Vergleich zur Leitfähigkeit für Ladungsträger mit entgegengesetzter Polarität große Leitfähigkeit aufweist.

3. Röntgenbilddetektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen der halbleitenden Schicht (35) und den Sammelelektroden (11) eine zusätzliche halbleitende Schicht (36) befindet, die sowohl für positive als auch für negative Ladungsträger eine geringe Leitfähigkeit aufweist.

4. Röntgenbilddetektor nach Anspruch 2, dadurch

gekennzeichnet daß die Sammelelektroden (11, 16) aus je zwei Elektrodenteilen bestehen, die miteinander in elektrischem Kontakt sind, daß der erste Elektrodenteil im Bereich neben der Ausgangsleitung angeordnet ist, und daß die zweite Elektrode (16) sich auf der Isolierschicht über dem zugehörigen Schaltelement (1) befindet und ihrerseits von der halbleitenden Schicht (35) bedeckt wird.

5. Röntgenbilddetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet daß die Photoleiterschicht (32) im wesentlichen aus Selen besteht.

6. Röntgenbilddetektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Photoleiterschicht im wesentlichen aus einem der Stoffe PbO, CdTe, CdSe oder HgI<sub>2</sub> besteht.

7. Röntgenbilddetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet daß beiderseits der Photoleiterschicht (32) Schichten (31, 35; 33) mit einer im Vergleich zur Photoleiterschicht (32) geringen Dicke vorgesehen sind, die so dotiert sind, daß sie für die Ladungsträger, die aus dem Photoleiter auf die ihnen benachbarten Elektroden (11; 4) zufließen, eine im Vergleich zur Leitfähigkeit für Ladungsträger mit der entgegengesetzten Polarität große Leitfähigkeit aufweisen.

8. Röntgenbilddetektor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet daß zwischen der Vorspannungselektrode (4) und der ihr benachbarten Schicht (35) eine Schicht (34) angebracht ist, die aus dem gleichen Material besteht wie die Photoleiterschicht, aber wesentlich dünner ist als diese.

9. Röntgenbilddetektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet daß die Isolierschicht (13) aus mehreren einander bedeckenden Teilschichten (131, 132), vorzugsweise aus unterschiedlichem Material, gebildet wird und daß die Öffnungen in den Isolierschichten, durch die hindurch die beiden Elektrodenteile (11, 14) miteinander in Verbindung stehen, umso größer sind, je weiter die Schicht vom ersten Elektrodenteil (11) entfernt ist.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

- Leerseite -

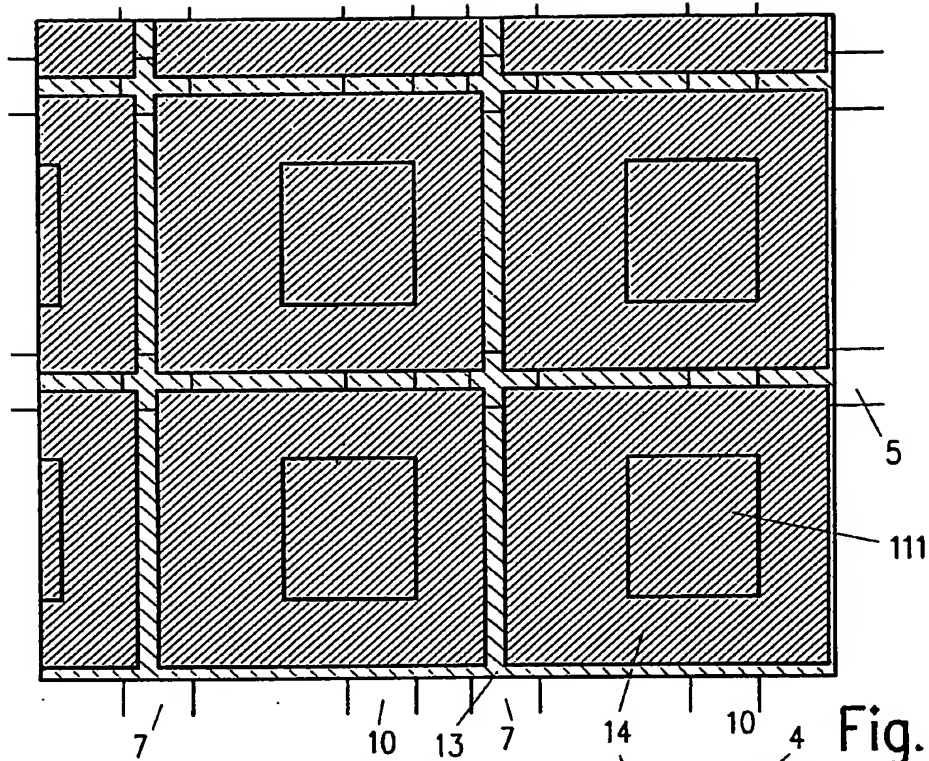


Fig. 3a

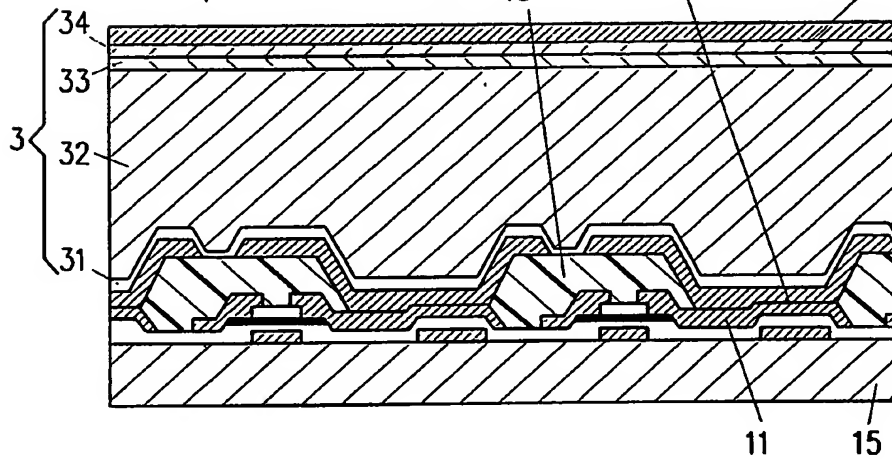


Fig. 3b

\*



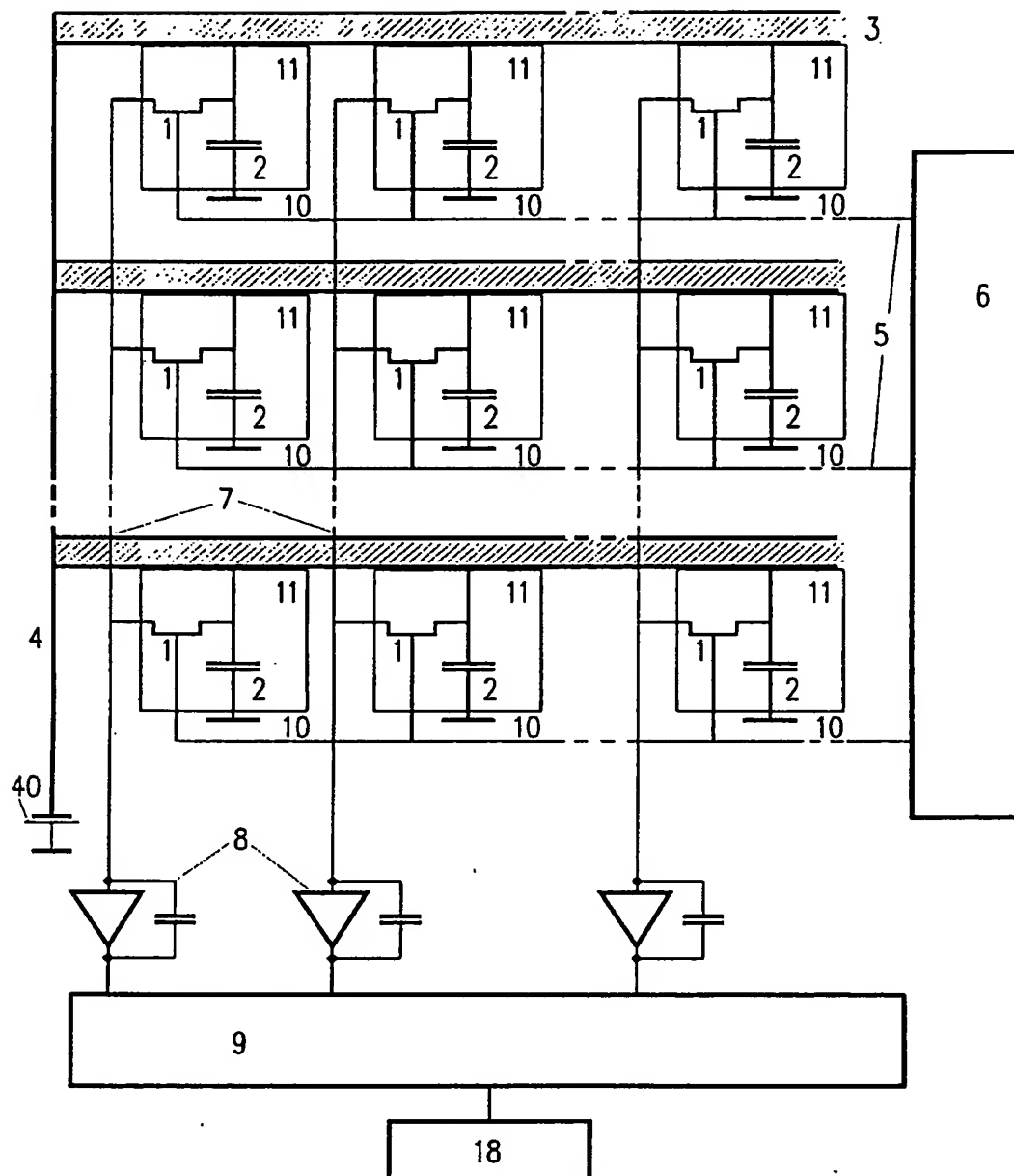


Fig.1

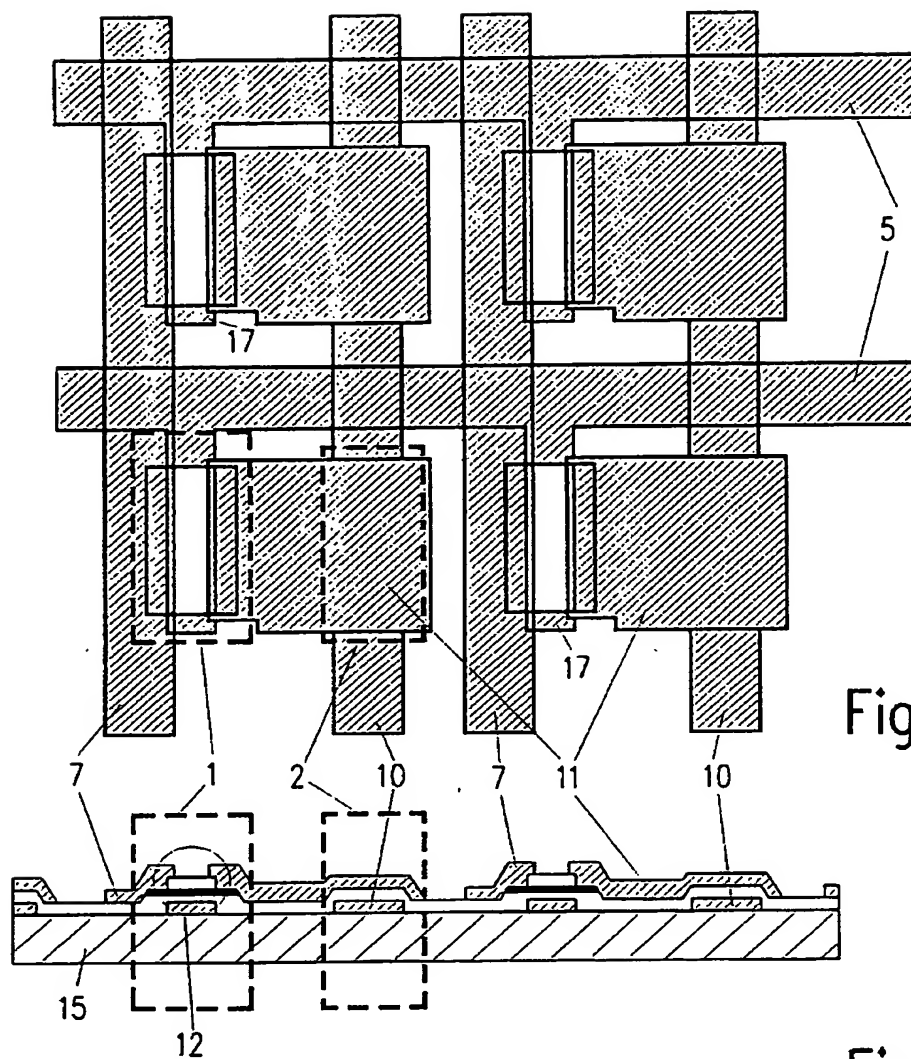


Fig.2a

Fig.2b

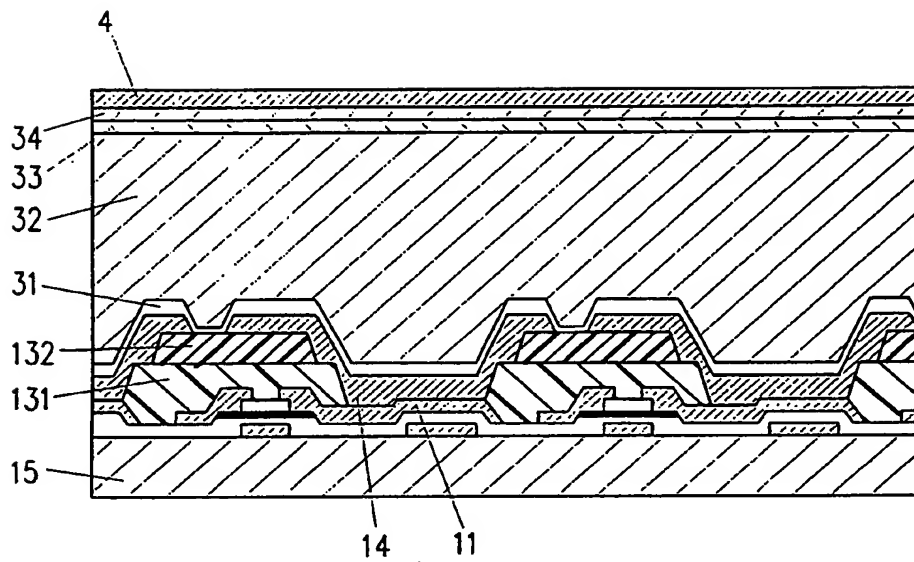


Fig.4

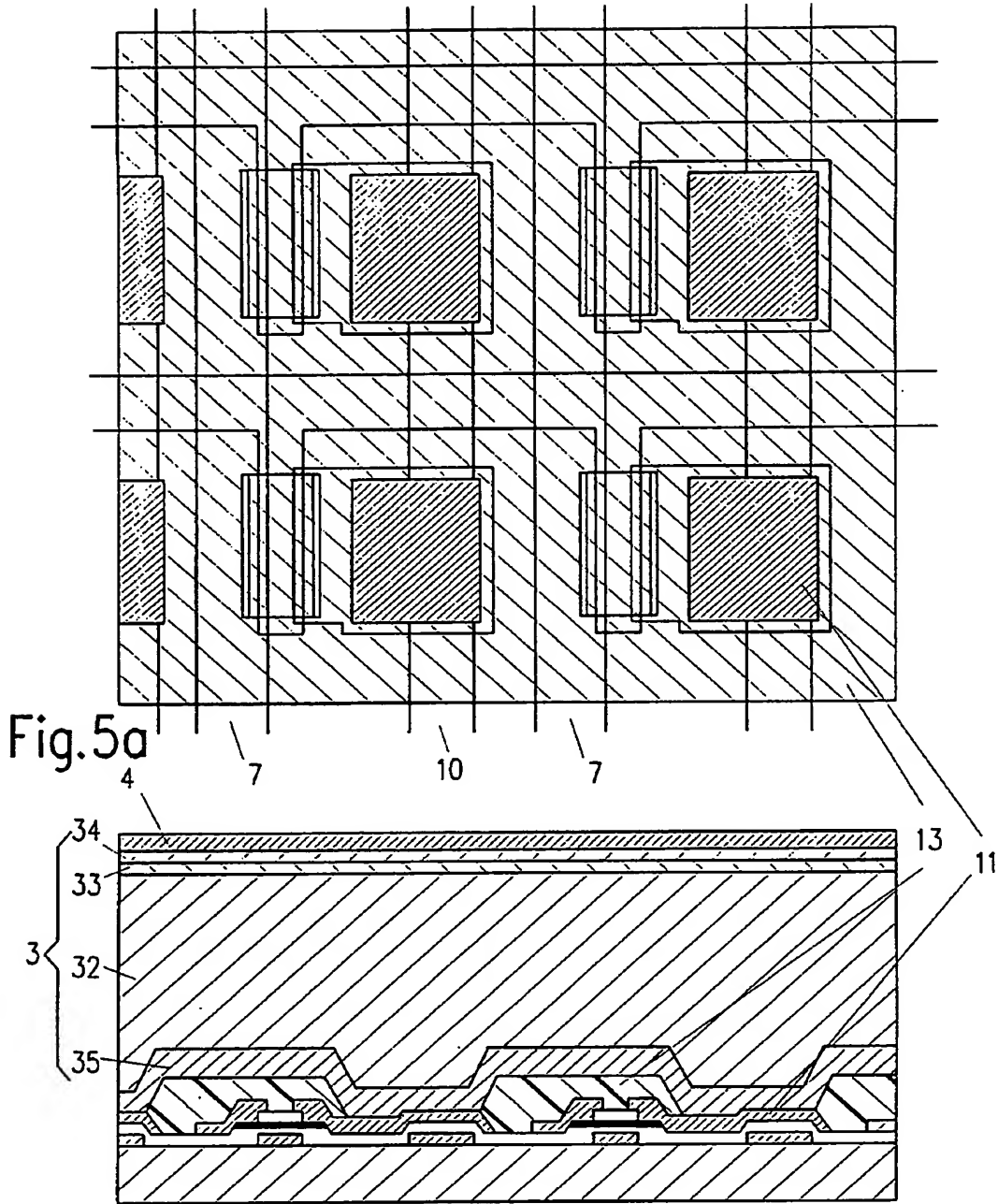


Fig. 5a

Fig. 5b

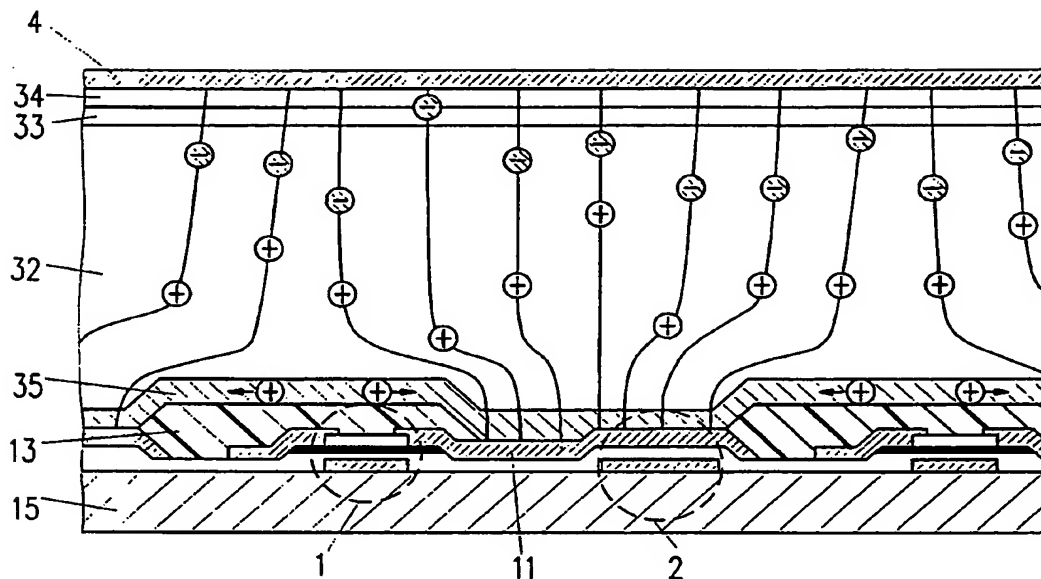


Fig. 6

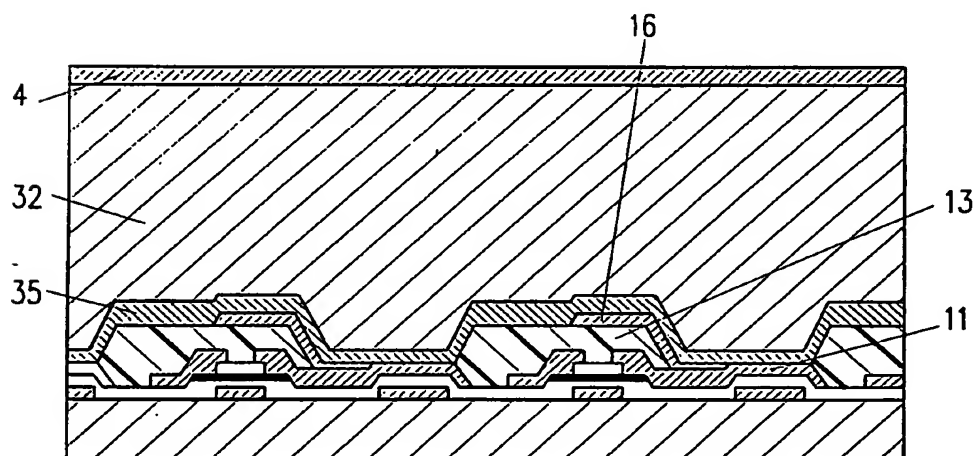


Fig. 8

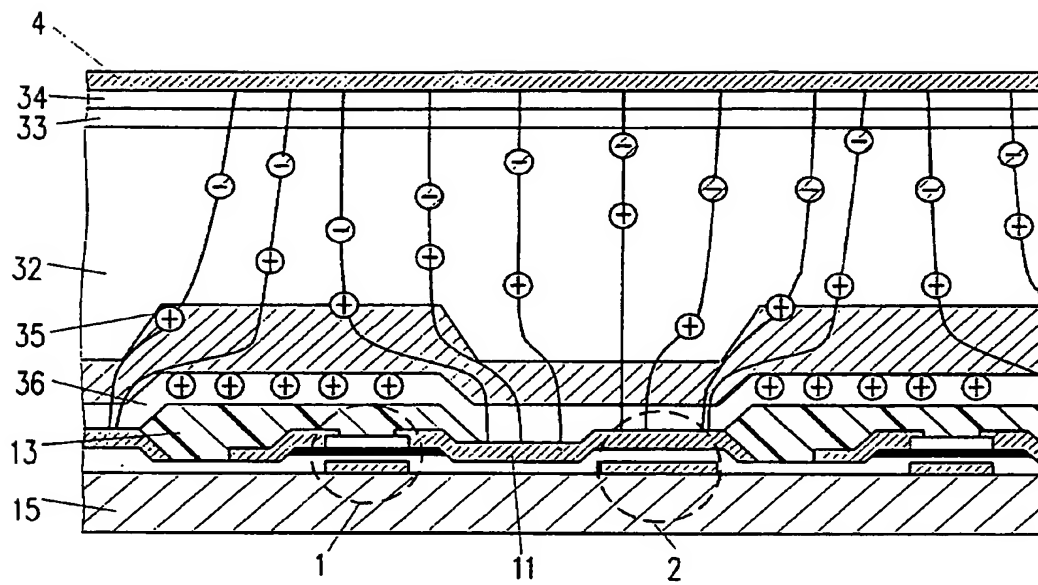


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**